Era da Informação

Avanços tecnológicos irão afetar consideravelmente as futuras operações militares, dando aos comandantes maior perspectiva, discernimento e julgamento mais claro. Sua aplicação, supostamente, deve reduzir as necessidades de pessoal, proporcionar transparência ao campo de batalha e reduzir os riscos e as baixas da força. Mas a tecnologia não resolverá tudo. As novas tecnologias irão aprimorar o combate em vários níveis, mas um campo de batalha automatizado nunca substituirá a necessidade de líderes e soldados que possuam o conhecimento especializado e a capacidade necessária para administrá-las e empregá-las.

O Alvorecer do Século XXI e a Ciência e Tecnologia nas Forças Armadas

Gen Div José Carlos Albano do Amarante, Exército Brasileiro

DESDE a Idade da Pedra, o conhecimento e a defesa sempre evoluíram paralelamente.

Ao longo dos séculos, os avanços tecnológicos provocaram nítidos desequilíbrios entre forças combatentes adversárias. Nos tempos antigos, porém, a vantagem redundante do uso de um novo armamento podia ser desfeita com relativa facilidade, considerando a sua simplicidade de construção e operação. Desde que não houvesse grande diferença no estágio intelectual dos contendores, a simples cópia do novo engenho não apresentava grandes dificuldades. O equilíbrio tecnológico-militar era logo restabelecido e a sorte dos combates voltava a depender de outros fatores, como a capacidade dos generais, a combatividade da tropa e o apoio logístico.[1]

Durante a Revolução Cultural (1100-1500), a descoberta da pólvora e a conseqüente criação das armas de fogo foram alguns dos primeiros avanços tecnológico-militares de difícil absorção. Em conseqüência, provocou um enorme desequilíbrio de forças entre nações e uma redução drástica de pólos de poder político-militar. A cópia era uma tarefa praticamente impossível para muitos, dado que conhecimentos da metalurgia, da química, da mecânica e da balística envolvidos não estavam disponíveis para todos.[2]

Recentemente, armas de maior sofisticação tecnológica, como mísseis, aviões multifuncionais (caça e bombardeiro), carros de combate, navios de guerra e submarinos, promoveram uma ainda maior concentração de poder político-militar. Nos dias atuais, menos de duas dezenas de nações possuem competência para projetar, construir e equipar, autonomamente, os modernos materiais de defesa. Neste cenário, cresceu o número das forças armadas nacionais dotadas de equipamento militar importado ou fabricado localmente, por empresas estrangeiras ou por firmas nacionais, sob extrema dependência de tecnológica externa.[3]

Atualmente, a humanidade ensaia os primeiros passos na Idade Tecnológica (1945-...), caracterizada pelo crescimento exponencial dos meios postos ao dispor do homem. A Tecnologia Militar não poderia deixar de acompanhar esta notável evolução, ora como agente motriz, ora como beneficiária. Como conseqüência natural deste processo, a tecnologia molda e condiciona a arte da guerra, interferindo nas técnicas de combate, de forma cada vez mais intensa e dominante.

Mais recentemente, durante a Idade Tecnológica, o progresso da tecnologia militar foi espetacular. Assim, menos de 200 anos depois das Guerras Napoleônicas, na Guerra do Golfo, na presença da avalanche tecnológica aliada, o Iraque ficou imobilizado, incapaz de atuar infringindo danos às forças aliadas. Sensores e atuadores, operando no espectro eletromagnético, interferiram nas comunicações, neutralizando sistemas de defesa e garantindo uma supremacia eletromagnética, com vistas à anulação de pontos vitais de defesa e do sistema logístico. O resultado foi o envolvimento quadridimensional (caracterizado pelo domínio das três dimensões espaciais e da dimensão eletromagnética) estabelecido pelos aliados, que inibiu o poder militar de Saddam Hussein e que reduziu o Iraque a um contendor cego, surdo, mudo, imobilizado e desprovido de vontade de lutar... A conseqüência natural foi a rendição incondicional iraquiana.

Na atual conjuntura, a defesa recebe influências diretas da Ciência e Tecnologia e indiretas das ações políticas, econômicas e psicossociais. Assim, cabe o questionamento de como a C&T causará impacto no desempenho operacional das forças armadas no decorrer do século que estamos a adentrar.

Se tomarmos a Guerra do Golfo como o marco inicial

dos conflitos militares na Idade Tecnológica, podemos visualizar os "maravilhosos" sistemas de armas, que desfilaram na vitrine tecnológica do Golfo, como produtos de primeira geração da nova era. Dentro de algumas décadas, eles serão vistos como relíquias ultrapassadas, da mesma maneira como os carros primitivos são hoje lembrados.

O grande ensinamento operacional extraído da análise da primeira guerra da Idade Tecnológica é que a gestão efetiva do complexo militar — industrial das forças aliadas foi o fator determinante da vitória. Em conseqüência, pode-se inferir que, para a atualização tecnológica de um exército, é fundamental o trabalho conjunto e harmônico do binômio combatente-engenheiro.

Tendências do Desenvolvimento Científico-Tecnológico[4]

Procurando entender como os avanços tecnológicos podem proporcionar melhores condições para o combate, é de todo conveniente utilizar uma visão holística e funcional. Em conseqüência, focalizando aplicações tecnológicas, pode-se considerar como funções básicas do combate:

• Sensoriamento (S) — com o objetivo de obtenção de informação sobre a ameaça;

• Processamento (P) — com o objetivo do processamento da informação para a tomada de decisão e sua implementação; e

• Atuação (A) — com o objetivo de execução da decisão e neutralização da ameaça.

É muito simples. Basta que se pense como funciona o corpo humano para se entender como funciona o "corpo de combate".

O nosso corpo interage com o meio ambiente através de cada um dos sentidos, cujo grau de nobreza está diretamente relacionado com a distância de percepção de fenômenos. Dois sentidos se sobressaem:

• a visão, excitada pelo campo visível do espectro eletromagnético, que se constitui numa estreita banda limitada pelo infravermelho e ultravioleta, e

• a audição, estabelecida por perturbações de baixa freqüência no campo de pressão ambiente envolvente ao sensor auditivo.

A visão é o sentido que inspirou a evolução tecnológica militar e o atual *state of the art* de fazer guerra. Ela abriu a janela eletromagnética para a exploração tecnológica dos meios de combate modernos.

O Processamento é constituído pelo cérebro e os meios de comunicação entre ele e os sensores e atuadores; é responsável pelo processamento da informação e a emissão de ordens para os atuadores, com o objetivo de realizar uma tarefa estabelecida. O cérebro humano é tão perfeito que é capaz de controlar automaticamente a forma e intensidade de operação dos atuadores — braço, perna, língua e outros. Como ocorreu com a visão, o cérebro também está inspirando a evolução da tecnologia militar no campo do Comando e Controle, mediante a teoria computacional das redes neurais.

O "corpo de combate" funciona de maneira semelhante — desde o combatente individual, passando por sistemas de armas, brigadas e até o escalão de forças combinadas.

Imagine-se um infante com um fuzil. Para desempenhar o seu papel em combate, ele deverá necessariamente utilizar as três funções tecnológicas básicas (S-P-A) ao atirar contra o inimigo.

Na busca da automação, um sistema de armas tenta desempenhar todas essas funções: busca, detecção e identificação do alvo, tomada de decisão para o tiro e guiamento do atuador até a neutralização da ameaça.

Numa simplificada visão da operação de uma brigada, a cavalaria desempenha o papel dos "olhos", o estado-maior, apoiado pelas comunicações, faz o papel do processamento e a infantaria, artilharia e engenharia fazem o dos atuadores.

Deixa-se para o leitor uma concepção de operação de forças combinadas, sob o enfoque das funções tecnológicas de combate.

Embora não catalogada aqui como uma função tecnológica de combate, deve-se enfatizar que a logística comporta um elevado conteúdo tecnológico e que seu principal objetivo é assegurar meios para a execução das três funções S-P-A.

A Evolução das funções tecnológicas de combate. Para uma avaliação mais acurada da evolução das funções de combate com base no progresso tecnológico, serão considerados quatro conflitos significativos ocorridos ao longo dos dois últimos séculos:

- as Guerras Napoleônicas (1794/1815)
- a Primeira Guerra Mundial (1914/1918)
- a Segunda Guerra Mundial (1939/1945)
- a Guerra do Golfo Pérsico (1990/1991)

A Evolução dos sensores. Como desde os primórdios, as Guerras Napoleônicas ainda continuavam a se valer da audição e da visão como "sensores de combate." A visão tinha a sua capacidade óptica ampliada pelo uso de lunetas. No que concerne à audição, é famosa a recomendação dos comandantes aos infantes, durante as ações de penetração em força: "avançar na direção do troar dos canhões inimigos". O som proveniente da linha de tiro denunciava facilmente a localização do centro de gravidade das forças inimigas, uma vez que o alcance dos canhões daquela época atingia a irrisórios mil metros.

Na Primeira Guerra Mundial, o avião ampliou consideravelmente o campo de visão e a invenção da fotografia tornou possível, pela primeira vez, a gravação da informação.

Departamento de Defesa.

Operador pertencente a 41ª Bda de Comunicações da 41ª Div Inf no controle do seu equipamento rádio SCR 188 dentro de uma barraca protegida com sacos de areia, em Dobodura, Nova Guiné, em 9 de maio de 1943.

Na Segunda Guerra Mundial, o sonar, empregado em operações navais, ampliou o alcance do sensoriamento auditivo. Mas foi o radar eletromagnético que descerrou as cortinas para exploração de outras faixas do espectro eletromagnético, ampliando o conceito de visão óptica para visão eletromagnética. A incipiente tecnologia fazia crescer o campo visual para incluir a banda de microondas. Os ingleses, na Batalha da Inglaterra, devem a vitória a este notável avanço tecnológico. A chave para o progresso exponencial da função sensoriamento havia sido encontrada.

A Ciência e a Tecnologia responderam rapidamente com uma notável expansão da exploração do campo eletromagnético. A Guerra do Golfo fez desfilar uma extensa gama de equipamentos de sensoriamento. Agora, eles atuam em variadas bandas do espectro eletromagnético, varrendo o ultravioleta, o infravermelho, as ondas milimétricas, as microondas e a radio freqüência. Vários exemplos materializam a citação:[5]

- radar doppler
- detector de radiação eletromagnética (microondas, ondas milimétricas, laser, infravermelho, ultravioleta)
- veículo aéreo remotamente pilotado (*Spy, Pioneer*)
- óculos de visão noturna (por intensificação de luz residual e por imagem térmica)
- sensor por imagem térmica
- designador a laser
- telêmetro a laser

Na Segunda Guerra Mundial, a radiofonia trouxe reflexos profundos nas comunicações, aumentando a distância e o número de pessoas atingidas pela difusão da informação e das ordens. O espectro eletromagnético começava a ampliar suas contribuições para a evolução das funções de combate, atingindo também o processamento.

- receptor para alerta a radar
- helicóptero de reconhecimento
- avião de vigilância e reconhecimento — para alvos aéreos (*AWACS*) e para alvos terrestres (*J-Stars*)
- satélite fotográfico (*Photint: Kh-11, Kh-12*)
- satélite para detectar comunicações radiofônicas e telefônicas (*Magnum, Chalet*)
- satélite para detectar sinais de radar (*Ferrets*)
- satélite para detectar mísseis balísticos (*Dsp*) e
- satélite para monitorar movimentos de tropa (*Lacrosse*).

A evolução dos processadores. Os processadores estão experimentando, nos dias de hoje, um processo evolutivo comparável ao dos sensores.

Nas Guerras Napoleônicas, o então revolucionário meio de comunicação e controle adotado pela inteligência criativa de Napoleão foi o emprego do estado-maior

acrescido de um serviço de "ordens". O oficial de ligação, responsável por esse serviço, atuava como um mensageiro capacitado a modificar o conteúdo de uma ordem face da realidade do campo de batalha.

Na Primeira Guerra Mundial, a telefonia e o telégrafo vieram prestar uma contribuição significativa para as comunicações, sem entretanto provocar alterações sensíveis na estrutura e no funcionamento do estado-maior.

Na Segunda Guerra Mundial, a radiofonia trouxe reflexos profundos nas comunicações, aumentando a distância e o número de pessoas atingidas pela difusão da informação e das ordens. O espectro eletromagnético começava a ampliar suas contribuições para a evolução das funções de combate, atingindo também o processamento.

Novamente, como ocorreu com os sensores, a Guerra do Golfo é o palco de uma enorme explosão nos meios de processamento. Este fato é tão importante que a arte da guerra presencia o início de um processo de reformulação estrutural e operacional do estado-maior. Agora, os sensores instalados em aviões, satélites e veículos remotamente pilotados podem transmitir instantaneamente informações para os estados-maiores nos diversos níveis. Os múltiplos dados podem ser acumulados, tratados e atualizados em computadores e ser apresentados, em tempo real, para tomada de decisão. Este processo é acelerado pelo uso do computador na exploração de jogos de guerra, permitindo a simulação de desenlaces prováveis da batalha. Em baixos tempos de reação, os atuadores podem conhecer a decisão a ser implementada.

São exemplos de novos processadores:[6]

- computador (microeletrônica)
- rede de transmissão de dados (modem)
- avião de C³I – para interceptação aérea (*AWACS*) e para ação terrestre e naval (*J-Stars*)
- monitor de televisão com fibra óptica e intensificador infravermelho
- satélite de comunicação (*Intelsat*)
- satélite para posicionamento topográfico (*GPS*)
- centro de C³I para processamento e exposição de dados em tempo real, e
- modem para intercomunicação de centros de C³I em diversos níveis.

A evolução dos atuadores. E quanto aos atuadores, aqueles meios disponíveis em combate para a neutralização das ameaças?

Nas Guerras Napoleônicas, os atuadores ainda eram rudimentares. O maior poder de fogo era conferido à artilharia de alma lisa, que atirava sem precisão até distâncias de um quilômetro. A cavalaria constituía importante atuador, mantido em reserva pronto para ser empregado para a decisão do combate.

Na Primeira Guerra Mundial, um importante avanço tecnológico se fez sentir. A metralhadora mudou a feição do combate, fazendo com que o poder de fogo preponderasse sobre o movimento. Isso veio originar a "guerra de trincheiras". Outros atuadores dessa época foram: a artilharia de alma raiada (com uma precisão sensivelmente melhorada e batendo alvos a distâncias de até seis quilômetros), o submarino e o foguete.

Na Segunda Guerra Mundial, o principal atuador convencional foi o carro de combate — que já havia aparecido timidamente na Primeira Guerra Mundial — vindo a conferir uma enorme mobilidade ao combate e dando origem à "guerra de movimento", caracterizada pela famosa *blitzkrieg* alemã. Além disso, a tecnologia militar produziu o míssil balístico, os aviões de caça e bombardeiro, o porta-aviões, o lançador múltiplo de foguetes e a força aeroterrestre. A bomba atômica representou um poder de fogo de enorme capacidade letal, e contra a qual não se dispunha de proteção.

Na Guerra do Golfo, um rol enorme de equipamentos vem, mais uma vez, caracterizar o crescimento exponencial da tecnologia militar:[7]

- mísseis: anti-míssil (*Patriot*), anti-radiação (*Harm*), anticarro (*Hellfire, Maverick*), de cruzeiro (*Tomahawk*) e ar-superfície (*Asm-30 laser*);
- bombas — de onda de choque (óxido de etileno líquido), penetrante (para alvos enterrados), guiadas (*Paveway*, *Excalibur*) e anti-rodovias;
- lançador múltiplo automático de foguetes (*Astros, Mlrs*);
- artilharia 155mm autopropulsada (40km);
- avião multifunção (caça e bombardeiro) com aviônica para combate noturno e em qualquer tempo (*F-15*, *F-18*);
- avião "invisível" ao radar de microondas (F-117 A);
- helicóptero de ataque (*Apache*);
- veículo de combate de infantaria (*Bradley*); e
- equipamentos de guerra eletrônica, para negar, ao inimigo, a livre utilização do espectro eletromagnético — interferidores e dissimuladores.

Tendências do Desenvolvimento Científico-Tecnológico

O Departamento de Defesa dos EUA[8] selecionou, para o período 1990-2005, vinte tecnologias críticas, assim qualificadas por serem as consideradas pelos Secretários de Defesa e de Energia como as tecnologias mais críticas para assegurar a superioridade qualitativa dos sistemas de armas dos Estados Unidos. Para o desenvolvimento dessas tecnologias, o governo americano está investindo centenas de bilhões de dólares. Elas possuem uma forte interpenetração com as funções tecnológicas do combate, como veremos a seguir.

Dez tecnologias críticas contribuem, simultaneamente,

Departamento de Defesa.

Helicóptero Apache (*AH-64-A*) *paira sobre a zona de lançamento Heritage, perto de Klina, Kosovo, antes de um assalto aeroterrestre em 15 de janeiro de 2003.*

para o progresso das três funções tecnológicas (S-P-A), isto é, possuem aplicações genéricas, a saber:

- Materiais Semicondutores e Microeletrônica
- Produtividade de *Software*
- Fotônica
- Materiais Compostos
- Computação Paralela
- Inteligência Artificial e Robótica
- Simulação e Modelamento
- Ambientação de Sistemas de Armas
- Supercondutividade
- Potência Eletromagnética
- Duas causam forte impacto na função Sensoriamento:
- Sensores Passivos
- Radares Sensíveis

Duas contribuem preferencialmente para a função Processamento:

- Processamento de Sinal
- Tratamento de Dados

E seis promovem com maior ênfase o crescimento da função Atuação:

- Dinâmica dos Fluidos Computacional
- Controle de Assinaturas
- Propulsão com Tomada de Ar
- Projéteis Hipervelozes
- Materiais de Alta Densidade Energética
- Biotecnologia

Passamos a seguir a fazer uma descrição sucinta de cada tecnologia, assinalando possíveis impactos em futuros sistemas de defesa.

A guerra é um processo de desentendimento extremo e o homem utilizará todos os meios disponíveis para impor sua vontade ao adversário e, certamente, não aceitará um destino baseado numa contenda de robôs...

Materiais semicondutores e microeletrônica. Desde o seu aparecimento há quatro décadas, a tecnologia de micro-circuitos tem sido responsável pelo crescimento exponencial de áreas como processamento de dados, *personal computers* (PC), robótica, *software* e simuladores. Esta tecnologia tem alterado, de maneira fundamental, as comunicações, a educação, a recreação e o trabalho. Para o soldado, no campo de batalha, ela tem ampliado o alcance da visão e da audição. Alargou também a capacidade da tomada de decisões municiada por uma larga variedade de informações complexas e multiplicou a potência muscular a ser empregada contra o inimigo.

A importância da microeletrônica deriva de sua

capacidade em reduzir significativamente o tamanho físico e os requisitos de energia dos constituintes básicos de circuitos eletrônicos. Esta tecnologia apresenta a perspectiva de estar presente em virtualmente todos os sistemas de armas, correntes ou futuros, assim como nos sistemas de reconhecimento, de vigilância, de aquisição de alvos e de comando e controle.

Produtividade de *software*. O *Software* tornou-se um ingrediente de garantia de funcionalidade e flexibilidade da grande maioria dos sistemas militares de larga escala.

A capacidade de reutilização de um particular *software*, ou melhor, de uma determinada plataforma informática, é característica importante. Assim, a reutilização de *software* engloba componentes (por exemplo: projeto, plataforma, requisitos, documentação, conceitos, e programas fonte e objeto), que são desenvolvidos para uso em sistemas múltiplos.

Um *software* seguro e confiável previne a infiltração de *hackers* e protege a integridade de material e dados. Por sua vez, a criptologia é uma ciência de apoio computacional fundamental para que as comunicações militares sejam realizadas de forma segura.

Um software seguro e confiável previne a infiltração de hackers e protege a integridade de material e dados. Por sua vez, a criptologia é uma ciência de apoio computacional fundamental para que as comunicações militares sejam realizadas de forma segura.

Mediante o desenvolvimento de técnicas de programação de degradação controlada, com o objetivo de operação, em tempo real, de sistemas de comunicação e de armas, a tecnologia de *software* envolve métodos para costurar ambientes que aumentam o desempenho e o *benchmark*, por exemplo, a capacidade de estabelecer padrões de referência.

Fotônica. A fotônica compreende a tecnologia de produto e de processo de equipamentos que empregam a luz (fótons) e a eletrônica (elétrons) para realizar funções hoje tipicamente exercidas por equipamentos eletrônicos.

O desenvolvimento em fotônica inclui memórias ópticas, processamento do sinal óptico, redes de computação óptica, controle óptico por *phased arrays*, redes integradas de optoeletrônica, processamento óptico não linear, diodos laser e uso de fibra óptica.

Como aplicação, a computação fotônica acena com avanços substanciais na velocidade de processamento resultante da utilização da arquitetura paralela e de elevadas velocidades de comutação dos equipamentos ópticos. Por eliminar os fios metálicos, a arquitetura de processamento apresenta reduzida suscetibilidade a interferências eletromagnéticas. Além disso, fibras ópticas de baixíssima perda, produzidas com fluoreto de zircônio, são de grande importância em aplicações militares críticas.

No campo das comunicações, possibilita aprimorada conectividade tático-estratégica, como na comunicação satélite-submarino por *acoustic arrays* - milhares de sensores acústicos interconectados ao longo de dezenas de quilômetros.

Materiais compostos. A criação e o emprego de novos materiais está revolucionando o mundo estrutural de objetos, veículos, construções e, por via de conseqüência, sistemas de armas. Materiais compostos são definidos como uma combinação de dois ou mais constituintes, de tal forma que o produto resultante apresenta propriedades superiores àquelas dos componentes individuais. Materiais compostos consistem geralmente em reforçadores fibrosos ou particulados mantidos aderentes por um material aglutinante. A tecnologia de materiais compostos afeta virtualmente todos os novos sistemas de armas.

Computação paralela. A computação convencional realiza os comandos na ordem seqüencial. A computação paralela procura trabalhar como o cérebro humano, realizando operações simultaneamente e com um ganho substancial na velocidade de processamento. A pesquisa sobre redes neurais objetiva possibilitar à máquina pensar e decidir como o homem.

Em geral, esta tecnologia está mais relacionada com o projeto de novos sistemas de computação, mediante o desenvolvimento de arquiteturas otimizadas e estruturas de comunicação interna, com o objetivo de vetorização de algoritmos e de projeto de sistemas de processamento em tempo real, com elevado desempenho.

Dentre os maiores potenciais desta tecnologia existe o de melhorar o desempenho de sistemas de armas ("cascos inteligentes" para submarinos e "asas inteligentes" para aviões), do Comando e Controle e da simulação(jogos de guerra, por exemplo).

Inteligência artificial e robótica. Para aplicação em sistemas complexos. O projeto de máquinas inteligentes e robôs requer a combinação de tecnologias de sensoriamento, processamento e atuação com uma adequada interface homem-máquina.

Máquinas inteligentes irão depender crescentemente de avanços em:

- arquitetura de computação paralela — para controle rápido;
- produtibilidade de *software* — para manipular a complexidade de sensoriar e controlar;

• sensores — para fornecer *inputs* para a atuação inteligente;

• fusão de dados — para administrar as informações de muitos sensores diferentes; e

• materiais compostos — para permitir baixo peso.

Simulação e modelamento. Os avanços em tecnologia da computação, engenharia e ciência básica têm proporcionado o desenvolvimento da simulação computacional e da modelagem de situações da vida real.

Por sua vez, a simulação — física ou computacional — e o modelamento influenciam outras tecnologias críticas: como por exemplo, a dinâmica dos fluidos computacional, a ambientação de sistemas de armas, os sensores, a fusão de dados e o processamento de sinal.

A simulação e o modelamento podem ser aplicados a cada programa de desenvolvimento de sistema de armas para reduzir o custo de projeto e de produção, aumentar o desempenho, melhorar o diagnóstico de falhas e a manutenção, proporcionar um melhor treinamento de pessoal e aperfeiçoar o Comando e Controle no campo de batalha (mediante a ferramenta do jogo de guerra).

Ambientação de sistemas de armas. Devido ao aumento da sensibilidade das novas gerações de sensores de sistemas de armas, os sistemas e as operações táticas estão crescentemente influenciados pelas condições naturais do ambiente (e.g. tempo, estação, terreno). As limitações e potenciais crescimentos de fatores ambientais devem ser claramente compreendidos para aumentar capacidades e desempenho no sistema ou para otimizar o projeto de novos sistemas. Esta tecnologia não é um *hardware* específico, mas cria a preocupação com o desempenho do sistema de armas imerso em ambiente desfavorável: propagações acústicas na água, funcionamento de motor em deserto, etc.

Potência eletromagnética. Modificações revolucionárias em cenários da guerra convencional futura são possíveis por causa de importantes avanços na tecnologia de potência eletromagnética, que permite o desenvolvimento de sensores e atuadores de elevada potência. Sensores e sistemas de armas de elevada potência incluem armas de energia dirigida, armas de energia cinética, sistemas de vigilância e identificação de alvos e plataformas de tiro rápido terra-órbita (arma anti-veículo orbital). As armas de energia dirigida — do tipo laser, microondas ou feixe de partículas — proporcionam operações, a velocidade da luz com elevados alcances, e cadências de tiro, capazes de destruir ou danificar mísseis e outros alvos.

Supercondutividade. Equipamentos e sistemas convencionais de natureza elétrica, eletrônica ou eletromagnética experimentam limitações no desempenho e indesejáveis perdas de potência como conseqüência da resistência elétrica inerente aos materiais normalmente condutores de eletricidade. A supercondutividade é a transferência de energia elétrica com a minimização de perdas.

O domínio da supercondutividade proporcionará uma revolução capaz de modificar a face tecnológica do mundo e, em particular, dos meios de combate. A supercondutividade, que, hoje, somente é obtida a temperaturas muito baixas, poderá ser a base para obtenção de sistemas elétricos para veículos (aéreos, navais e terrestres) mais compactos, geradores elétricos, sistemas de armazenamento de energia, aceleradores de partículas para armas de energia dirigida, armas eletromagnéticas, escudos magnéticos e eletromagnéticos, super-magnetos para geração de microondas e ondas milimétricas, sensores magnéticos e eletromagnéticos, computadores e processadores ultra-velozes, comunicação com elevado desempenho e baixo nível de ruído, sistemas de vigilância, antenas supercondutoras, giroscópios supercondutores, sensores inerciais, detectores de massa gravimétricos e magnéticos.

Atualmente, a humanidade ensaia os primeiros passos na Idade Tecnológica (1945-...), caracterizada pelo crescimento exponencial dos meios postos ao dispor do homem. A Tecnologia Militar não poderia deixar de acompanhar esta notável evolução, ora como agente motriz, ora como beneficiária. Como conseqüência natural deste processo, a tecnologia molda e condiciona a arte da guerra, interferindo nas técnicas de combate, de forma cada vez mais intensa e dominante.

Sensores passivos. Sensores passivos são sensores que não emitem radiação para cumprirem a missão de encontrar alvos, assegurando por isso total discrição. Funcionalmente, são capazes de receber emissões eletromagnéticas do alvo e o identificar. Serão crescentemente importantes para atuar contra a redução da assinatura em muitas faixas de freqüência. Os sensores passivos incluem medidas de suporte eletrônico, sensores infravermelhos, sensores acústicos e sensores multi-espectrais. Possuem uma elevada capacidade de atuar contra alvos *stealth* ou com camuflagem eletromagnética.

Radares sensíveis. Hoje, existe a crucial necessidade do desenvolvimento de técnicas para atuar contra os esforços de redução da assinatura radar de plataformas

em vôo. Esta tecnologia provê radares que não somente detectam alvos convencionais, mas também exploram características especiais dos alvos ou utilizam técnicas especiais tais como banda larga, multiespectralidade, polarização dual, biestática (que separa fisicamente o radar transmissor do radar receptor, aumentando a sobrevivência do equipamento), *phased array* e laser. Estas técnicas possibilitam lidar com ameaças *stealth*, i.e. com reduzida assinatura radar, ou alvos não-cooperativos, i.e. alvos que não são identificados abertamente ou que possuam camuflagem eletromagnética.

No caso específico da tecnologia de radar laser, é de se salientar as excelentes perspectivas para a navegação de mísseis de cruzeiro, helicópteros e veículos robô; para a detecção e discriminação de alvos estratégicos; para o reconhecimento e identificação de alvos táticos com baixas taxas de falso alarme; e para futuros sistemas de armas "inteligentes".

Processamento de sinal. Processamento de Sinais é a tecnologia utilizada para extrair informações relevantes de sinais recebidos por sensores, permitindo um operador ou um estado-maior tomar decisões. Como conseqüência dos progressos nesta área tecnológica, os processos de Comando e Controle estão sendo automatizados. Esta tecnologia combina técnicas refinadas tais como redes neurais, processamento adaptativo multidimensional, técnicas de correlação e de casamento de filtros.

A aplicação desta tecnologia a sistemas de armas convencionais oferece significativas vantagens, tais como liberação da carga de trabalho do operador e aumento da letalidade.

Tratamento de dados. Ao longo dos últimos vinte anos, os dramáticos avanços na tecnologia do tratamento de dados possibilitaram significativos progressos no Comando e Controle (C^2) e nas técnicas para o gerenciamento da batalha. O tratamento de dados avançou até o ponto em que muitas funções, previamente executadas por operadores militares e analistas de inteligência, puderam ser efetivamente desempenhadas por sistemas de processamento de dados. Entretanto, as crescentes complexidade e velocidade das ações de combate estão proporcionando uma enorme quantidade de informações, que trazem mais dificuldade do que facilidade para a tomada de decisão.

Assim, a fusão de dados ganhou importância na tentativa de humanização do processo da tomada de decisão. A fusão de dados é o processo computacional mediante o qual dados provenientes de múltiplos sensores e variadas fontes de informação são tratados para produzir informações úteis e rapidamente interpretáveis. O tratamento consiste na conveniente redução e filtragem de múltiplos dados para realizar a síntese de uma "nova e integrada" informação, calcadas na interação homem-máquina.

Dinâmica dos fluidos computacional. A dinâmica dos fluidos computacional engloba a resolução das equações que governam o escoamento em torno de corpos para todos os regimes de velocidade — subsônico, sônico, supersônico e hipersônico — e em qualquer tipo de fluido — gás ou líquido. É um conhecimento fundamental para o desenvolvimento econômico e o melhoramento de desempenho da trajetória de veículos — aéreos, navais e terrestres — e de variados armamentos. É uma ferramenta crítica para o projeto de novos sistemas de armas.

Controle de assinaturas. Esta tecnologia permite a modificação de assinaturas emanadas de sistemas de armas. Assinaturas são características físicas pelas quais os sistemas podem ser detectados, reconhecidos e engajados. Elas incluem assinaturas radar e infravermelha de veículos aeroespaciais, assinaturas acústicas de navios e submarinos, e perfil visual de carros de combate. Algumas assinaturas resultam de emissões (rádio, térmica, acústica e outras) do veículo, e outras derivam de energia natural ou artificial refletida pelo veículo, de modo que este contraste nitidamente com o ruído de fundo.

A utilização de técnicas de redução ou controle de assinatura, conhecida como camuflagem eletromagnética, pode melhorar a capacidade de penetração de sistemas estratégicos e a sobrevivência e efetividade de sistemas táticos. Por exemplo, a redução da assinatura infravermelha de um avião pode ser obtida por resfriamento. O contorno visual de um carro de combate pode ser modificado com uma rede de camuflagem. A assinatura acústica de navios e submarinos pode ser reduzida por conformação estrutural do casco ou por aplicação de coberturas anecóicas.

Propulsão com tomada de ar. Nas décadas de 40 e 50 do século passado, com a criação e a rápida evolução da turbina, ocorreu um salto importante na capacidade propulsiva dos aviões. Hoje, barreiras tecnológicas na aerotermodinâmica, materiais e projeto estrutural podem novamente ser quebradas, proporcionando outra rápida evolução no desempenho de sistemas propulsivos. Esta rápida evolução poderá apresentar uma expressiva contribuição para o deslocamento das modernas plataformas de combate. A propulsão com tomada de ar, que também tem amplo uso civil, tem aplicação numa extensa gama de sistemas militares, incluindo aviões, mísseis de cruzeiro, sistemas hipersônicos futuros, carros de combate e navios de guerra, todos movidos por turbinas, estato-reatores ou motores a diesel. No caso específico de foguetes e mísseis, a grande vantagem propulsiva é que esses veículos somente transportam o combustível, utilizando-se do oxigênio do ar como comburente.

Projéteis hipervelozes. A tecnologia de projéteis

hipervelozes envolve a capacidade em impulsionar projéteis a velocidades acima da convencional —maior que Mach 6 ou 2.040 m/s, assim como compreender o seu efeito terminal, isto é, o comportamento dos projéteis e alvos a tais velocidades. Sistemas propulsivos capazes de produzir enormes velocidades incluem canhões eletromagnéticos, canhões eletrotérmicos, canhões com propelentes de alta energia, foguetes hipervelozes e tubos-de-choque operados por explosivos. Para o efeito terminal, estão sendo estudadas novas cargas-ocas, penetradores conformados por explosivos e projéteis de energia cinética (com ogiva não explosiva).

Materiais de alta densidade energética. Materiais de alta densidade energética resultam de composições de ingredientes de alta energia utilizados como explosivos, propelentes e pirotécnicos. Estes materiais são usados em quase todos os sistemas de armas, sejam estratégicos ou táticos. Eles proporcionam a energia necessária para a propulsão — seja uma ogiva, um foguete/míssil ou uma munição flecha — e para o efeito terminal — seja por fragmentação ou penetração.

O desenvolvimento de materiais de alta densidade energética possibilita a obtenção de:

- propelentes de minimizada assinatura e de elevados desempenho e velocidade de queima;
- cabeças de guerra com crescentes letalidade e capacidade de penetração;
- nova geração de explosivos subaquáticos;
- propelentes de maior energia para aumentar o alcance;
- explosivos de maior energia para aumentar a letalidade; e,
- novos meios pirotécnicos com melhor velocidade e desempenho.

Biotecnologia. Devido à descoberta e exploração do mecanismo genético que controlam organismos vivos, a biotecnologia emergiu como uma tecnologia crítica. Agora, é possível engenhar células microbiais, vegetais e animais de forma a agir como fábricas para a síntese de materiais novos ou já existentes, eficientemente e em elevadas taxas, seja com objetivos medicinais ou não-medicinais.

Na área médica, a biotecnologia torna possível novas vacinas e novas terapias. Na área não-médica, ela possibilita a obtenção de novos materiais, ingredientes químicos críticos, e soluções práticas para tratamento de rejeitos. Muitos dos produtos possuem significante aplicação civil, caracterizando importante dualidade tecnológica.

A aplicação da biotecnologia no campo militar pode levar ao desenvolvimento de uma extensa gama de produtos, processos e tecnologias incluindo polímeros e compósitos de baixo peso e elevada resistência, para construção de aviões, roupas especiais de proteção, sensores para agentes químicos, biológicos e tóxicos, equipamentos microeletrônicos, bioadesivos, coberturas anti-desfolhantes ambientalmente seguras, elastômeros diversos, lubrificantes especiais, e enzimas para operações de limpeza e descontaminação. O bioprocessamento irá proporcionar alguns desses produtos assim como materiais convencionais a partir de fontes não fósseis.

Uma importante área de pesquisa, que vem se desenvolvendo rapidamente, é a relacionada com a robotização animal. Esta tecnologia é baseada na capacidade de excitação de regiões cerebrais para gerar estímulos de recompensa nos centros de prazer, associados com a comida, a bebida e o sexo.

Repercussões Tecnológicas

Com esse ambiente de crescimento exponencial da tecnologia militar, o que se pode esperar em termos de repercussões na arte da guerra? Quais as características norteadoras da evolução das funções tecnológicas do combate? E como a evolução de cada função irá causar impacto na capacidade operacional das forças armadas?

Ao longo dos últimos vinte anos, os dramáticos avanços na tecnologia do tratamento de dados possibilitaram significativos progressos no Comando e Controle (C^2) e nas técnicas para o gerenciamento da batalha. . . . as crescentes complexidade e velocidade das ações de combate estão proporcionando uma enorme quantidade de informações, que trazem mais dificuldade do que facilidade para a tomada de decisão.

Digitalização — Evolução do analógico para o digital. Uma das conseqüências fundamentais do desenvolvimento do computador é a substituição de equipamentos e meios analógicos por digitalizados. A repercussão tecnológica é tão importante que produtos de uso diário como chave, relógio, dinheiro, televisão, vídeo (DVD), telefone celular, e outros estão se digitalizando.

A base tecnológica para tal evolução envolve a Computação, Microeletrônica, Produtividade de *Software*, Processamento de Sinais, Tratamento de Dados, entre outras tecnologias críticas.

No campo da tecnologia militar, pode-se esperar materiais de emprego militar (MEM) com funcionamento digitalizado e com controle digitalizado. O míssil MSS1.2 anticarro, em final de desenvolvimento pelo

Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do Exército e pela empresa Mectron, caracteriza o sucesso da digitalização do controle e guiamento. Outros materiais militares estão em voga e incluem carta digitalizada, substituição do tubo catódico por tela plana no monitor de televisão e do PC, adoção de gatilho digitalizado, e outros.

A conseqüência é que o progresso modifica as características tecnológicas do armamento — particularmente carros de combate, aviões de combate e navios de guerra — mesmo que as novas armas possam parecer razoavelmente similares às que estão sendo substituídas,

A utilização de técnicas de redução ou controle de assinatura, conhecida como camuflagem eletromagnética, pode melhorar a capacidade de penetração de sistemas estratégicos e a sobrevivência e efetividade de sistemas táticos. Por exemplo, a redução da assinatura infravermelha de um avião pode ser obtida por resfriamento. O contorno visual de um carro de combate pode ser modificado com uma rede de camuflagem. A assinatura acústica de navios e submarinos pode ser reduzida por conformação estrutural do casco ou por aplicação de coberturas anecóicas.

uma vez que não modificam o aspecto básico das plataformas. Além do mais, a digitalização melhora substancialmente o consumo de energia, a acurácia do tiro, o sensoriamento da informação e o comando e controle de materiais militares.

Miniaturização. No curto prazo, outra importante conseqüência da digitalização e do desenvolvimento de Novos Materiais é a miniaturização resultante da redução do tamanho e do peso dos equipamentos. Pode-se observar claramente essa tendência quando avaliamos a diminuição da espessura do monitor de televisão e do PC, do tamanho do telefone celular, dos computadores, etc.

No longo prazo, o progresso dos conhecimentos em Supercondutividade sinalizam para uma miniaturização ainda mais sensível. Nesse novo cenário, pode-se esperar o surgimento de nano-computadores atuando em micro-ambientes.

Qualidade da Informação. Como foi visto, o sensoriamento é uma função tecnológica básica para o combate. Na sua evolução, é de se ressaltar a necessidade de se fazer crescer a qualidade da informação obtida, associada com maior sensibilidade de sensores, maior poder de discriminação e nitidez de dados. A base tecnológica para o aumento da qualidade da informação tem o amparo dos progressos em Sensores Passivos, Radares Sensíveis, Fotônica, Computação, Processamento de Sinal e Inteligência Artificial.

Considerando o radar, um dos sensores militares da mais elevada importância, algumas técnicas podem melhorar consideravelmente o seu desempenho:

• A visão radar "sobre o horizonte", com base na reflexão dos sinais radar na ionosfera, possibilitando um incremento no alcance de observação.

• Radar *Phased-array* usa uma área fixa e plana, consistindo de grande quantidade de pequenos sensores, varrendo diferentes direções, em substituição a um único e grande sensor rotativo.

• O processamento virtual da informação, mediante uma técnica conhecida como reconhecimento de padrões (*pattern recognition),* resultando em programas capazes de reconhecer objetos em cenas visuais e identificar pequenas variações em uma fotografia, como o descobrimento de camuflagens (a semelhança do "jogo dos sete erros").

Considerando o satélite de reconhecimento militar, a técnica processamento da imagem digital (PID) substitui o filme analógico, que é revelado a posteriori, por semicondutores sensíveis à luz (*CCD — charge-coupled devices*) capazes de produzir a fotografia em tempo real.

Satélites de espionagem — baixa órbita, até 580 km — podem operar com sensores infravermelho ou com fotografia, trabalhando com varredura baseada em câmera com grande-angular ou investigando detalhadamente um local definido com câmera de alta resolução.

Outro campo associado com a informação é o do anti-sensoriamento, a negação da informação, com base nas tecnologias de Controle de Assinaturas, Ambientação de Sistemas de Armas, mediante a redução da "superfície-radar" (técnica *stealth*), a redução do contorno visual, sistemas de interferência eletrônica, dissimuladores e emprego de *chaff* — limalhas de alumínio capazes de sobrepor ao navio uma imagem radar compensadora para desviar o míssil atacante.

Processamento da informação. A informação obtida pelos sensores deve ser processada para a tomada de decisão.

No caso do guiamento e controle de mísseis de cruzeiro, o processamento da informação utiliza a tecnologia *TERCOM* (*Terrain Control Matching*) com base em micro-computadores, propulsão com tomada de ar, controle de assinatura, pequena "superfície-radar", tratamento de dados (navegação em carta digital), posicionamento topográfico com GPS, etc. A tecnologia atual permite que um sistema de controle com 37 quilos

Departamento de Defesa.

Míssil de ataque terrestre Tomahawk BGM-109 *sendo disparado do encouraçado* USS Missouri (BB-63) *contra um alvo iraquiano no início da Operação* Desert Storm.

garanta uma acurácia de 40 metros para um alcance de 3.000 quilômetros.

Por outro lado, o comando e controle (C^2) operacional ou C^3I experimenta uma evolução na direção do processamento em tempo real, com base na redução do tamanho do computador, no desenvolvimento de *software* apropriados, no aumento da velocidade de tratamento de dados, na computação paralela, nos processos de filtragem das informações relevantes, na rede interna de computadores (*intranet*), na tecnologia da informação (telemática) na simulação e modelamento de jogos de guerra e na comunicação de voz, dados e imagens. O objetivo operacional é receber, filtrar, processar informações e transmitir decisões. O grande desafio tecnológico-operacional é encontrar meios e processos para lidar com uma quantidade imensa de dados e dela extrair, por filtragem e tratamento, informações significantes num prazo adequado para a tomada da decisão.

Outra área operacional importante, relacionada com o processamento da informação, é a Guerra Eletrônica ou seja a batalha pelo domínio da quarta dimensão do combate, a dimensão eletromagnética.

Além disso, o aumento da mobilidade na guerra provoca um aumento na mobilidade das comunicações, que passa a explorar a comunicação via satélite, equipamentos em microondas para comunicação na linha de visada e utilização, para comunicações táticas, de rádios HF e VHF, digitalizados e bastante resistentes a interferência. A tendência atual é pela redução na telefonia operacional por fio.

O navio de guerra, devido às tecnologias de novos materiais, propulsão e automação de sistemas, se tornará menor, para reduzir a assinatura EM, e com mais mobilidade. A tendência é ser multi-operativo (antiaéreo, anti-superfície e anti-submarino). Possuirá ainda uma menor guarnição, porém melhor qualificada.

Aumento do alcance. Outra importante repercussão tecnológica no ambiente operacional é o aumento do alcance dos atuadores, função da melhoria do desempenho propulsivo e aerodinâmico. A base tecnológica para o aumento no alcance das armas modernas utiliza conhecimentos de Dinâmica dos Fluidos, Propulsão, Projéteis Hipervelozes, Material de Alta Densidade Energética, Materiais Compostos e Miniaturização. O emprego desse conhecimento resulta em motores ou cargas mais eficientes, combustíveis e propelentes

mais efetivos, miniaturização da carga útil e maior adaptabilidade de plataformas de tiro.

Acurácia. Somente se vier acompanhado da melhoria na acurácia, i.e., na redução da dispersão, o aumento do alcance é desejável. Considerando a já citada tecnologia *TERCOM* para mísseis de cruzeiro, ela proporciona o seguinte funcionamento: um computador compara o terreno abaixo do míssil com um plano de vôo pré-programado; a trajetória do míssil é estabelecida antes do lançamento; a área debaixo do míssil é varrida por um radar altimétrico; os desvios da trajetória são corrigidos automaticamente. Assim, pode-se verificar que a acurácia cresce com base em Tratamento de Dados, Processamento de Sinal e Digitalização da Informação.

Eficiência da cabeça de guerra. O aumento de alcance, acompanhado da melhoria na acurácia, só compensa se puder haver um incremento substancial no efeito da carga útil. A eficiência da cabeça de guerra é ampliada com base nas seguintes tecnologias - Materiais de Alta Densidade Energética, Potência Eletromagnética, Processamento de Sinal e Projéteis Hipervelozes.

Três exemplos caracterizam o incremento no efeito terminal:

• evolução do efeito das cabeças de guerra com o emprego de sub-munições guiadas.

• evolução no projeto da carga-oca, mediante o retificador da onda de choque e a otimização do *stand-off*, distância entre a ponta de percussão e a base do cone explosivo.

• exploração da energia eletromagnética (por exemplo, o feixe laser resultante da excitação atômica) em substituição à energia química dos explosivos.

Combate em qualquer hora e qualquer tempo. Os meios militares modernos proporcionam a capacidade de "enxergar" a qualquer hora e em qualquer condição climática ou do terreno, utilizando avanços tecnológicos com base em Sensores Passivos, Radares Sensíveis e Novos Materiais.

As batalhas do passado perdiam intensidade à noite, com condições climáticas adversas ou se o campo de batalha apresentava fumaça ou poeira. No futuro, os enfrentamentos vão ocorrer de dia e noite, virtualmente em qualquer condição climática ou do terreno. Conseqüentemente, deverá ocorrer um grande estresse devido à ação rápida e sem descanso, a roupas pesadas de proteção e ao pouco tempo para alimentar e recuperar forças. A única vantagem é que vão durar menos.

Aumento da "inteligência". Outra importante repercussão tecnológica resultante da exploração das Tecnologias Críticas é o aumento da "inteligência" embarcada, gerando veículos — carro, avião ou barco — auto-pilotados ou remotamente pilotados, com objetivo de reconhecimento ou de atuação, i.e., para procurar, detectar e abater qualquer veículo em qualquer tempo.

A velocidade, a manobrabilidade e a acurácia de tais veículos requerem "inteligência" embarcada, resultante de sensores de resposta rápida; sistema de controle automatizado; sistema de computação ativado a voz; no caso de avião, radar sensível para detectar e acompanhar alvos de alta velocidade a longas distâncias em qualquer altitude; seleção computadorizada do armamento apropriado; uso de inteligência artificial; identificação de amigo ou inimigo (*IFF*); etc.

A Computação e a Inteligência Artificial podem contribuir para o desenvolvimento da inteligência militar em tempo real, o desenvolvimento de sistemas de armas inteligentes, o desenvolvimento de mísseis cada vez mais inteligentes para voar em ambiente com ruído de fundo, processadores de dados capazes de centenas de milhões de operações por segundo e sistemas capazes de frustrar contramedidas eletrônicas do inimigo.

Hoje, o computador calcula o que o homem planejou. Amanhã, o computador irá "pensar", isto é, acumular conhecimento e aplicar este conhecimento para resolver novos problemas.

Robotização. A guerra é uma atividade extremamente letal. Se pudermos substituir o homem pelo robô em algumas operações militares, repetitivas e altamente perigosas, com o sentido de valorizar a vida humana. Assim, com base na Computação Paralela, na Inteligência Artificial e Produtividade de *Software* poderão ser desenvolvidos robôs inteligentes e autônomos e, também, veículos remotamente pilotados, que por si só são uma espécie de robôs.

Ampliando o contexto acima descrito, a Biotecnologia tem possibilitado novas conquistas. Em pesquisa recente, o Pentágono promoveu o desenvolvimento de ratos robotizados. São ratos vivos, remotamente controlados, que poderão contribuir na detecção de minas, localizar pessoas soterradas ou mesmo, com a ajuda de mini-câmeras, espionar instalações secretas. A colocação de eletrodos em alguns lugares específicos do cérebro do rato faz com que ele responda a comandos externos por alguém equipado com um computador *laptop*. O experimento com os animais partiu do princípio de que os camundongos podem ser treinados para completar tarefas através de estímulos de recompensa na região do cérebro relacionada com comida, bebida e sexo. Em laboratório, um naco de comida pode ser substituído por um estímulo elétrico nos centros de prazer. A vantagem do rato-robô sobre os robôs mecânicos é a sua habilidade para ultrapassar obstáculos, como pedras e cercas. Não esqueçamos que o rato possui um sofisticado sistema de navegação desenvolvido ao longo de 200 mil anos.

Automação. Finalmente, o espectro de repercussões tecnológicas sinaliza para a automação das funções tecnológicas do combate. É o caso do funcionamento automático de um sistema de armas, integrando as

funções S-P-A. Por exemplo, pode ser uma evolução do Sistema *PATRIOT*, que foi o primeiro exemplar da automação do combate. O Escudo de Proteção contra mísseis balísticos caracteriza um outro exemplo da automação. Como se pode depreender, ela se constitui no grau mais elevado de sofisticação tecnológica.

A guerra convencional moderna se vale mais e mais de mísseis, lançados de plataformas — carro de combate, avião de combate e navio de guerra — para abater essas mesmas plataformas.

O objetivo tecnológico é o desenvolvimento de mísseis que sejam efetivos sob todas as condições adversas de combate — fumaça, poeira, chuva, neve, *fog* — e contra ações defensivas do inimigo — *chaff*, equipamentos de interferência eletrônica e dissimuladores.

Um importante símbolo da automação é o míssil *"fire-and-forget"*, que demanda a ordem de partida como a única ação humana para o seu funcionamento. Esse tipo de míssil utiliza, normalmente, sensores operando no IV afastado e na rádio-freqüência. Por outro lado, a tecnologia da onda milimétrica tende a ser a tecnologia dominante nos mísseis da batalha automatizada. Com freqüências de cerca de 30.000 megaciclos por segundo, é capaz de penetrar a atmosfera mesmo quando ela está poluída com grande quantidade de poeira, fumaça, *fog*, etc.

Na idealização de um cenário de guerra automatizada poder-se-ia descrever que:

• uma força atacante invade a área de combate com veículos remotamente pilotados ou guiados por robôs;

• uma força de defesa atua com mísseis *"fire-and-forget";*

• a batalha ocorre sem nenhuma intervenção humana ou com soldados robotizados ou com envolvimento humano remoto.

Este combate representa a fuga da letalidade, passando a ser um jogo de xadrez tecnológico, ou melhor, é uma batalha tecnológica.

As assertivas acima podem sinalizar a admissão da ocorrência de uma futura guerra de robôs. Entretanto, embora, tecnologicamente falando, visualizemos o campo de batalha automatizado, ele se constitui tão-somente em um limite superior idealizado e inatingível. Não devemos esquecer que a guerra é um processo de desentendimento extremo e o homem utilizará todos os meios disponíveis para impor sua vontade ao adversário e, certamente, não aceitará um destino baseado numa contenda de robôs...

A Guerra Do Futuro

Repercussões sobre o ambiente operacional. Com todo o potencial tecnológico descrito nos capítulos anteriores, pode-se inferir que o ambiente operacional da guerra convencional tende a evoluir de maneira drástica e contundente. Tomando como base as características fundamentais do combate, a repercussão no ambiente operacional sinaliza alterações substanciais.

Densidade de forças. Deve ocorrer a manutenção da tendência histórica de redução pela tendência dos exércitos do futuro de possuírem menores efetivos; pela ampliação da profundidade do campo de batalha; e pela capacidade de engajamento a grandes distâncias. Assim, os campos de batalha serão mais abertos, i.e., com maiores frentes e maiores profundidades, apresentando grandes áreas desprotegidas e necessidade de emassar forças.

Aliás, a tendência de redução de efetivo é uma realidade para as três forças armadas e o aprofundamento do campo de batalha também é regra para o campo naval.

Letalidade. A letalidade resulta do acoplamento de duas características operacionais — o poder de fogo e a precisão de fogo. Como a tendência de ambas é de crescimento, a letalidade tende a aumentar. Os ganhos tecnológicos na capacidade de Sensoriamento e Processamento irão possibilitar o engajamento de alvos altamente compensadores a grandes distâncias e com extraordinária precisão; e também possibilitar a tropa ser detectada e atacada muito antes de atingir o alcance de suas próprias armas.

Do satélite para a nave espacial não tripulada e desta para a nave espacial tripulada, ocorrerá a criação quarta força armada, a força espacial, como evolução natural do correspondente setor da força aérea.

Mobilidade. Fica evidenciada a manutenção da tendência histórica de aumento, pois os campos de batalha deverão ser mais abertos e mais "fluidos". Daí advém a importância da rapidez das ações.

As operações deverão ser mais dinâmicas pois a mobilidade emprestada pelo helicóptero e viatura de combate possibilita a expedita concentração de forças, a pronta execução de operações e a rápida dispersão. Note-se que a guerra linear estática pode ser condição rara e temporária.

Quarta dimensão do combate. A exploração da quarta dimensão do combate, a dimensão eletromagnética, poderá ser decisiva na guerra do futuro. Em relação às guerras recentes, a dimensão eletromagnética deverá ser ampliada, passando a contribuir, por exemplo, para o emprego de atuadores de pulsos de energia concentrada (LASER). Como ampliação da capacidade de sensoriamento, todos os sintomas de presença e atividades de tropa poderão ser detectados. Por outro

lado, a quarta dimensão deverá varrer as funções tecnológicas S-P-A.

Estruturação do campo de batalha. As características operacionais descritas anteriormente conduzem a um campo de batalha não-linear, fragmentado, menos estruturado e com crescentes espaços vazios. Nele, os combates com linhas ordenadas e definidas são raros. A "zona de combate" pode substituir os conceitos de LAADA e de linhas de frente. Não existem áreas seguras e não existem áreas profundamente a retaguarda.

Do visto, o campo de batalha não-linear requer operações em profundidade, agilidade física e mental de modo a projetar e explorar as oportunidades para conquistar e manter a iniciativa e, acima de tudo, a capacidade, em todos os escalões de comando, de rapidamente concentrar poder de combate através da manobra. Sua equilibrada característica ofensiva/defensiva empresta grande ênfase às forças de armas combinadas que podem ser concentradas rapidamente.

A tecnologia de ponta proporcionará a capacidade de ver a maiores distâncias, disparar armas de maior alcance e mover-se mais rápido do que em qualquer campo de batalha anterior. A tecnologia proporcionará enorme quantidade de informações, grande parte em tempo real. O desafio será discernir o importante do não importante. A tecnologia pode liberar o soldado de tarefas altamente letais no campo de batalha.

Uma analogia pode ser feita entre a guerra e o futebol. A guerra linear corresponde ao futebol americano. Na guerra linear, cada organização militar possui uma função específica: batalhão de infantaria, grupo de artilharia e regimento de cavalaria desempenham funções próprias. Da mesma forma, no linear futebol americano, o *quarter back*, o *runner* e o *blocker* atuam de maneira inconfundível. Por outro lado existe uma certa similaridade entre as ações na guerra não-linear e no futebol clássico moderno. No futebol clássico moderno, o beque ataca, o atacante ajuda a defesa, o goleiro bate faltas próximo à área adversária, i.e., todos devem atuar com múltiplas funções. A guerra não-linear não possui princípios doutrinários estabelecidos, mas é bem provável que cada organização, no valor do batalhão, deva apresentar uma capacidade de combate autônomo, ou seja, devendo dispor de cavalarianos, infantes, artilheiros, engenheiros, comunicantes e logísticos. Este é um novo conceito que dá margem a apaixonados debates. É tempo de começá-los.

Repercussões doutrinárias. As mudanças no ambiente operacional apontadas no capítulo anterior são indicativas da necessidade de adaptação da doutrina de emprego das Forças Armadas, e em particular da Força Terrestre, em cenário cambiante e surpreendente. A sobrevivência e vitória num campo de batalha menos denso e mais letal exigirão novos procedimentos doutrinários.

Assim, são inúmeros os aspectos a considerar na doutrina do combate convencional do futuro:

- campos de batalha mais abertos versus a necessidade de emassar forças;
- dispersão no interior da zona de combate;
- necessidade de deslocamentos freqüentes;
- capacidade de atuação durante o deslocamento;
- atuação em "silêncio" rádio, térmico, visível de microondas e sonoro.
- necessidade de possibilidades ofensivas e defensivas equilibradas, apontando para organizações de armas combinadas flexíveis (mudança de missões).
- independência de atuação a nível de batalhão (?), privilegiando a flexibilidade e a coerção;
- as operações tenderão a ser ar-terra, dinâmicas, de ritmo acelerado, de alta intensidade e se estenderão por grandes distâncias;
- demanda pela integração definitiva força terrestre-força aérea ou ampliação da aviação o do exército;
- como empregar e controlar aviões a jato e helicópteros no mesmo espaço aéreo?

Novos procedimentos táticos também devem ser estabelecidos:

- forma de concentração,
- forma de realizar combates violentos e de curta duração,
- forma de ter eficácia no emprego dos meios de obtenção de informação,
- forma de realizar a coordenação e controle,
- forma de ter eficácia nos fogos de grande alcance,
- forma de utilizar uma guerra eletrônica de maior abrangência, e
- utilização da aviação no apoio de fogo.

Meios Militares na Guerra Do Futuro

Utilizando as repercussões tecnológicas exploradas anteriormente, uma avaliação prospectiva de características do campo de batalha convencional do futuro pode nos levar a algumas conclusões sobre a evolução dos meios militares.

Em futuro próximo. O míssil irá desempenhar papel cada vez mais importante como um atuador de alta letalidade, precisão e inteligência crescente. A tendência é o *"fire-and-forget"*.

O helicóptero pela mobilidade e poder de fogo, ganhará espaço como um instrumento de reconhecimento, ataque e transporte.

O navio de guerra, devido às tecnologias de novos materiais, propulsão e automação de sistemas, se tornará menor, para reduzir a assinatura EM, e com mais mobilidade. A tendência é ser multi-operativo (antiaéreo,

Departamento de Defesa.

Visão interna de um simulador móvel do helicóptero Apache Longbow *no campo de pouso Hunter na Geórgia.*

anti-superfície e anti-submarino). Possuirá ainda uma menor guarnição, porém melhor qualificada.

O submarino, devido aos progressos em propulsão, em controle de assinatura e automação de sistemas, tenderá a apresentar um aumento significativo no tempo de submersão (células a base de oxigênio e hidrogênio e reatores nucleares), uma reduzida assinatura sonar e uma redução na guarnição.

O avião de combate tenderá ao avião multifunção (de caça e bombardeiro), com guarnições menores no que concerne à função bombardeiro, com maior capacidade de manobra, com maior raio de ação e com redução da assinatura eletromagnética (radar e infravermelho).

O veículo não tripulado já foi empregado na Guerra do Golfo como sensor (*Spy* e *Pioneer*). A atual tendência é o seu emprego como atuador (caso do *Predator* – o "Ford-de-bigode" desta tecnologia), dotado de capacidade de processamento e de sensoriamento, com base na tecnologia *TERCOM*. Os veículos aéreos não tripulados antecederão os veículos navais e terrestres, mas todos terão espaço para emprego na guerra do futuro.

O carro de combate principal, devido ao seu tamanho avultado e à sua pequena mobilidade, se transformou em alvo fácil para os mísseis AC. Possivelmente, os CC se tornarão mais leves e, com mais mobilidade, irão reduzir a assinatura eletromagnética.

Os sistemas de armas tenderão a possuir meios de navegação, de detecção de ameaça e de autodefesa.

No campo do sensoriamento, ocorrerá o surgimento de novos sistemas de vigilância e de aquisição de alvos.

No campo do processamento, serão desenvolvidos novos processadores para atuar em tempo real, com integração dos diferentes níveis de comando.

A simulação e o modelamento podem ser aplicados a cada programa de desenvolvimento de sistema de armas para reduzir o custo de projeto e de produção, aumentar o desempenho, melhorar o diagnóstico de falhas e a manutenção, proporcionar um melhor treinamento de pessoal e aperfeiçoar o Comando e Controle no campo de batalha (mediante a ferramenta do jogo de guerra).

Inspirado no sucesso do míssil *Patriot,* o emprego da tecnologia com objetivos defensivos prevalecerá.

A tecnologia proporcionará o combate em profundidade com identificação, designação e destruição do inimigo, através do uso de munições inteligentes e seletivas.

Em futuro longínquo. A tecnologia proporcionará

novos atuadores e a dimensão eletromagnética da guerra, a quarta dimensão, terá o seu papel ampliado para incluir o emprego de armas de energia dirigida (Laser, Microondas e Feixe de Partículas). O seu conteúdo energético poderá ser ajustado para níveis não-letais ou letais.

O satélite será empregado como atuador, utilizando armas eletromagnéticas de forma ofensiva e defensiva.

Do satélite para a nave espacial não tripulada e desta para a nave espacial tripulada, ocorrerá a criação da quarta força armada, a força espacial, como evolução natural do correspondente setor da força aérea.

O espectro eletromagnético será varrido por equipamentos operando nas três funções bélicas S-P-A e passará a exercer um domínio total da guerra.

Em um futuro longínquo, pode-se ter a visão ideal de um campo de batalha automático, onde as funções bélicas S-P-A experimentam uma integração total e efetiva. A informação colhida pelos sensores de vigilância e aquisição de alvos é transmitida automaticamente pela rede de comunicações para análise pelo sistema de computação, que seleciona as armas apropriadas e as direciona contra o alvo sem qualquer envolvimento humano. Os primeiros passos nessa direção foram dados pelo Sistema Antiaéreo, adaptado para Antimíssil, *Patriot,* que é tipicamente um rudimentar sistema automático de primeira geração.

CONCLUSÃO

De tudo o que foi exposto, pode-se considerar que o progresso vertiginoso da tecnologia militar aportará importantes repercussões na forma de desenrolar as guerras convencionais no futuro. Entretanto, desde já se pode enfatizar alguns impactos tecnológicos que irão produzir modificações no ambiente operacional:

• o sensoriamento mais eficiente irá proporcionar informações com níveis crescentes de qualidade;

• a evolução da telemática irá proporcionar dados para uma tomada de decisão melhor amparada e a comunicação mais efetiva;

• aumento do alcance irá proporcionar o aprofundamento do combate;

• guiamento e controle digital irão assegurar maior acurácia dos novos sistemas de armas; e

• a evolução nas cabeças de guerra irá proporcionar maior efetividade no efeito terminal.

Além das modificações assinaladas, é de se enfatizar a quarta dimensão, o espaço eletromagnético, varrendo o ciclo S-P-A; a ocorrência do campo de batalha não-linear, fragmentado, menos estruturado e com crescentes espaços vazios; e, evidentemente, uma doutrina adequada para o combate convencional do futuro.

Nesse cenário de tecnologia avançada, ressalta o valor do soldado profissional, dado que a complexidade crescente dos novos materiais de emprego militar irá demandar operadores com consideráveis habilidades técnicas. Em conseqüência, o treinamento militar tende a ser cada vez mais caro, envolvendo profissionais com elevado nível educacional.

Finalmente, o direcionamento da tecnologia militar aponta inevitavelmente para o aumento da automação do combate, cenário em que a tecnologia-chave é o Processamento da Informação. Entretanto, embora, tecnologicamente falando, visualizemos o campo de batalha automatizado, ele se constitui tão-somente em um limite superior idealizado e inatingível. O homem irá sempre participar da guerra, para resolver um processo de desentendimento extremo.***MR***

REFERÊNCIAS

1. Amarante, J.C.A., "La Contribuición de la Universidad para el Binômio Conocimiento-Defensa", *Congresso Internacional sobre a Defesa Européia, Universidade de Valladolid, Espanha, novembro de 2000.*
2. Longo, W.P., "Ciência e Tecnologia e a Concentração do Poder", A Defesa Nacional, nº733, 25, 1987, Rio de Janeiro, Brasil.
3. Longo, W.P., "A Visão Internacional e o Papel dos Institutos de Pesquisa", Congresso ABIPTI 2000, Fortaleza, Brasil.
4. Amarante, J.C.A., "A Tecnologia Militar — Repercussões da Guerra do Golfo", A Defesa Nacional, nº755, Jan/Mar-92, Rio de Janeiro, Brasil.
5. Defense&Armament International, nº103, Feb/Mar 1991; e DMS Market Intelligence Report, "Beyond the Gulf - A Review of the Political, Economic and Military Impact of the Persian Gulf War", Forecast International, 1991.
6. *Ibid*
7. *Ibid*
8. "Critical Technologies Plan", Departamento da Defesa, 15 Mar 90, EUA.

O General de Divisão Eng Mil José Carlos Albano do Amarante é Diretor de Fabricação e Recuperação e Gerente do Projeto de Implantação da Nova Família de Blindados do Exército Brasileiro. Além do Curso de Formação da Academia Militar das Agulhas Negras, possui os seguintes outros cursos e estágios: Mestrado em Engenharia Química (1974), na Universidade Federal do Rio de Janeiro; Curso de Propulsão de Foguetes e Mísseis (1975), na Société Nationale de Poudres et Explosifs, *França; Mestrado em Engenharia Mecânica (1978), na Universidade de Stanford, Estados Unidos da América; Ph.D em Aeronáutica e Astronáutica, em 1979; Curso de Direção para Engenheiros Militares (1983), na Escola de Comando e Estado-Maior do Exército; e Curso de Política, Estratégia e Alta Administração do Exército, em 1989. Ocupou várias funções de comando e estado-maior. Dentre elas destacam-se as de Gerente Militar do Projeto do Sistema de Armas Múltiplo de Foguetes ASTROS II, realizado pela AVIBRÁS e de Gerente do Projeto MSS 1.2 — Sistema de Mísseis Solo-Solo Anticarro, no Centro Tecnológico do Exército; na Secretaria de Ciência e Tecnologia do Exército, foi adjunto da Assessoria 1 — Recursos Humanos, da Assessoria 2 — Planejamento em Ciências e Tecnologia e da Assessoria 4 — Projetos; foi Chefe da Assessoria 4 e Assistente do Secretário de Ciência e Tecnologia; foi Diretor do Parque Regional de Manutenção da 1ª Região Militar; foi Diretor do Arsenal de Guerra do Rio; e comandou o Instituto Militar de Engenharia. Foi Assessor Especial do Ministro da Defesa para C&T e Secretário-Executivo, no MD, para Reestruturação da IMBEL.*